連載 オーディオ計測の散歩道

2音法を利用したオーディオ測定

(7)スイープ時間で応答は変る

■小倉幸一■

構想

12月号に続いてf特の実験をします．主題はスイープ速度を変えたときのレスポンスの変化です．

一般に，スピーカのテスト信号のスイープ速度を上げると，ペン書き記録計の場合ペンが追従できず，レスポンスのピーク（エンベロープ）が低く出る，といわれています．

納得できる話ですが，レコーダがディジタル化され，高速化が実現されている現在，メカニカルな動作にだけレスポンスの変化（低下）を押しつけるのはいかがなものかと思って，この実験を思い立ちました．見たいのは，スピーカの方にも何か変化が出るのではないか（？）ということです．

といって，何か仮説を立ててその実証実験をやろう，というほどの思惑はありません．高速レスポンス記録ができるいま，これを使ってやって見ましょう，という程度ですから，気楽に眺めていてください．

スイープ時間とスピーカのレスポンスの変化を見るわけですが，スイープ時間は，この散歩道では最初CDのスイープ信号を使いました．20 Hzから20 kHzを50秒かけていました．今回のスイープの周波数幅は200 Hzから5 kHzなので，前CDの割合を踏襲すると，23秒になります．

メモリスコープはスクリーン幅が85 mmなので，ビーム・スポット径からいってもそんなに長い時間はかけられません．具体的には，200～5 kHzを1秒，0.2秒の2種でやってみることにしました．

スピーカは，コーンの動きを測った11月号と同じもので，同様のセッティングです．200 Hzでの音圧は90 dB（距離10 cm）一定でスタートします．

信号および記録と比較

信号は連続とピップ波で行うことにしました．連続サイン波（周波数固定）で音圧校正，準備段階での各種調整と校正を行います．スイープは必要に応じてトリガをかければスタートします．

写真Aが基本的レスポンスです．

〈第1図〉0.1秒間隔から0.2秒間隔のパルスを発生する方法

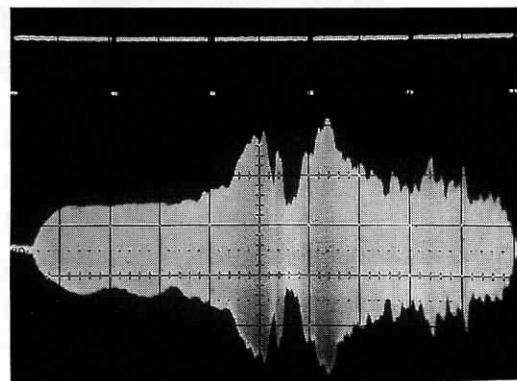
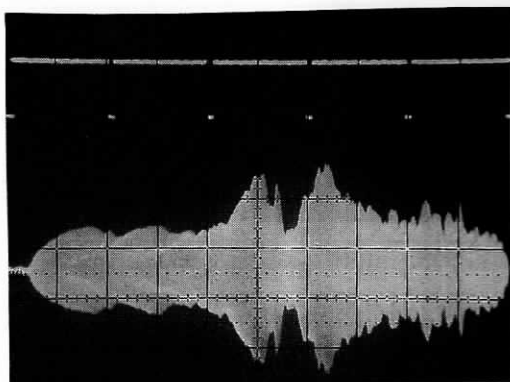
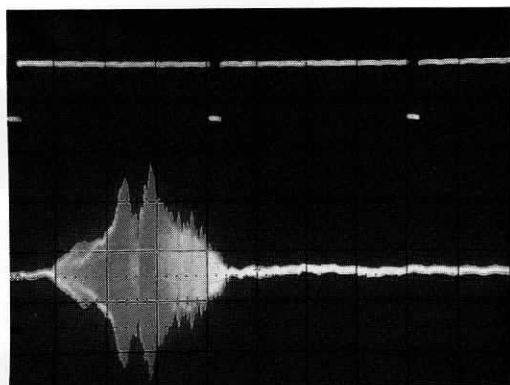
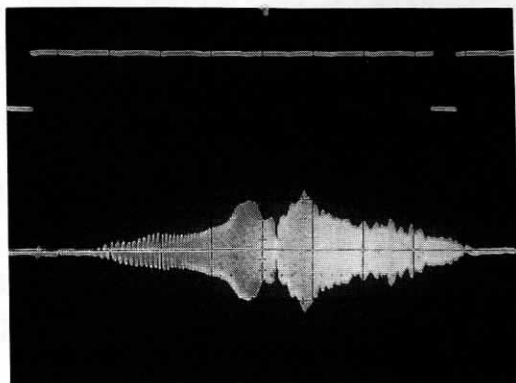
◀《写真A》
200～5000 Hzサイン波を0.4秒でスイープしたときのマイク出力

《写真B》▶
入力は同じで，スイープを1秒としたとき

◀《写真 E》
200～5000 Hz の3角波を1秒でスイープしたとき

《写真 F》▶
左と同じ入力を0.2秒でスイープしたとき

《写真 G》写真 F を画面上で引き伸ばしたもの

写真 B と同じ1秒スイープの中に0.2秒のレスポンスを入れると，時間が短くなったことが感覚的には直感できますが，0.2秒のレスポンスは，ダンゴ状の一塊りになってしまいます.

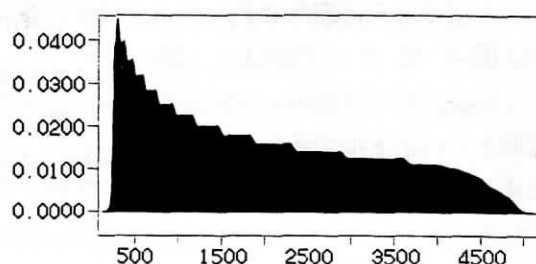
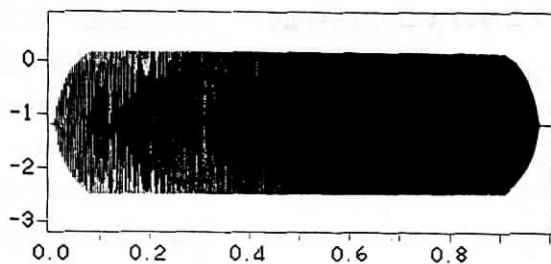
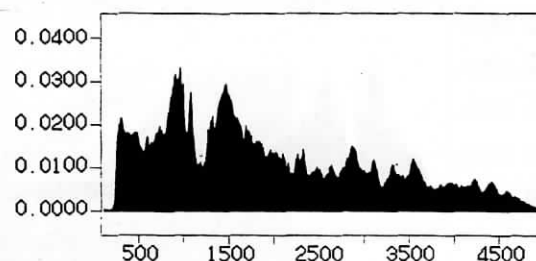
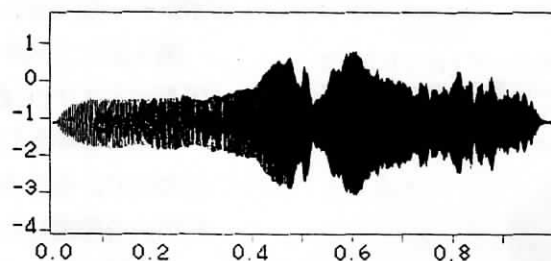
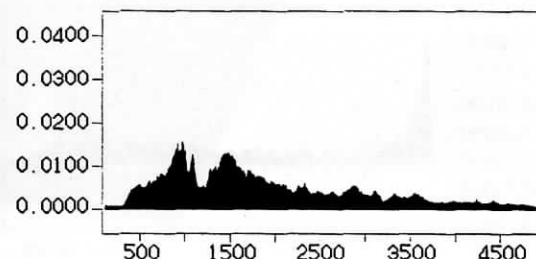
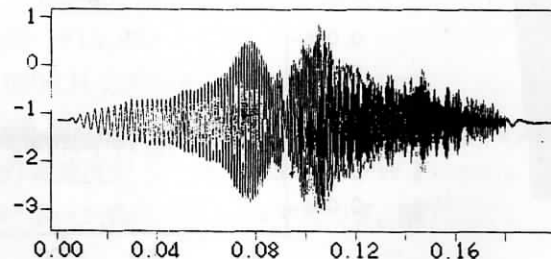
スイープ時間内の起伏＝応答の変化を問題にしたいわけですから，一応広くしましたが，比較のためには1秒レスポンスと0.2秒のそれを同じ幅にしたいところです．この配慮を加えたものが**写真 D** です.

さて同じような写真が揃うと，細かくレスポンスのピークのありようを見たくなります.

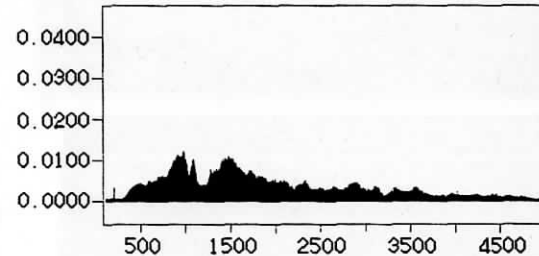
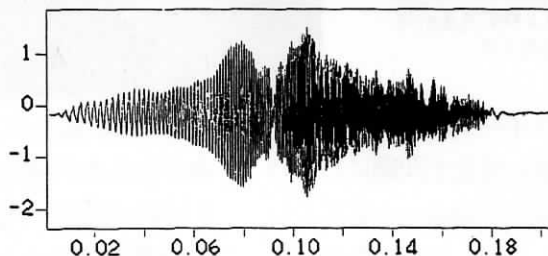
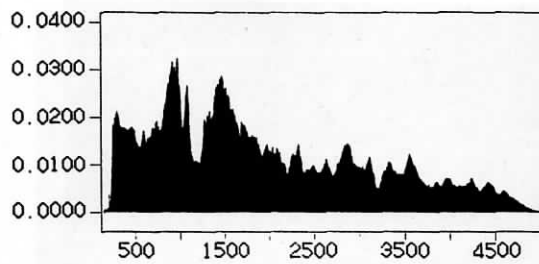
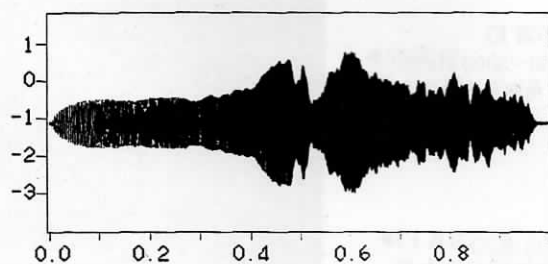
応答は周波数変化で変わる

写真で失敗だったのは，0.2秒の方の立上がり（下がり）時間を短くすべきだったこと，ただ，今回は200 Hz 付近に見るべき大きな変化がなかったことが幸いしました．ただし，5 kHz の方は一考を要します．f 特の全景をイメージしていましたから，X 軸の構想不足でした（リニア･スイープも考慮する必要がありそうです）.

さて，観察結果を紹介するのに山谷に番号を付けるより，周波数で表現した方が直感的ですし，実用的です．**第2図**にタイム・マーカーと周波数の関係を示しました.

写真中央（0.5秒）のピークが1 kHz です．ここから上のディップに向けての山の様子が変化しています．全体の振幅の減少は記録系の感度設定を変えたためです．この1点

〈第4図〉
上段：200～5000 Hz のスイープ波形サイン波とスペクトル（右）．スイープは1秒
中段：スイープ1秒のときのスピーカの応答とスペクトル（右）
下段：スイープを0.2秒と早くしたときのスピーカの応答とスペクトル（右）

〈第5図〉
3角波での200～5000 Hzスイープに対する応答

上段：
スイープ1秒のときの応答とスペクトル(右)

下段：
スイープ0.2秒のときの応答とスペクトル（右）

を見ても，スピーカのレスポンスが周波数の変化の具合に影響を受けていることがわかります.

さすれば，複合波ではどうでしょうか. この実験には3角波を使いました.

これは，波形としては直線で描け，振幅軸の変化は高調波の含まれかたで変わりますから，その変化が波形で簡単にわかるという便利さがあります. サイン波では山のつぶれ，初期サチリははっきりわかりませんが，3角波では一目瞭然です.

第3図A，B，Cに200 Hz，1秒間，3角波，ピップ波のレスポンスを波形とスペクトルで示しました. またオシロでの波形を**写真E，F，G**に示します.

これから3角波を想起するのは，イントロがないと難しいかも知れませんが，馴れてくると便利なものです. 高周波も方形波ほど多くなり，スペクトルと合わせてシミレーションで遊ぶと，楽しいものです.

スペクトルの話が出てきたところで，先の**写真B，C，D**のスペクトルを見てみましょう. 物理現象としての波形の違いをスペクトルで見る技法はよく使われるもので，聴感とは直結してはいませんが，以下，合わせて提示いたしましょう.

スペクトル分析と併用して比較

スペクトルで見る場合，A/Dコンバータの設定が重要です. 今回は最大周波数が5 kHzであり，サンプリング周波数もあまり高くなく，扱いやすいところです. 具体的には，5 kHzを10個の点（データー）描くとして，

サンプリング周波数：50 kHz
サンプリング・データ：50,000点

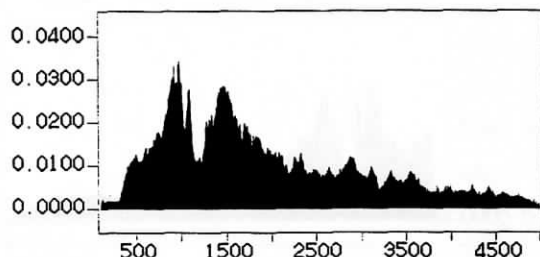
これで1秒間をディジタル記録しました. 同じく0.2秒ピップ波は，

データ数：10,000点

です. **第4図**以降は，スイープ時間，取り込んだ波形，スペクトルの順でデータを並べます.

最初のデータは1秒の入力波形と分析結果，これがスピーカを通ると（マイクは1/2インチ測定用）どう変化するか見比べてください.

第5図は3角波信号に対するレスポンス一覧です.

第6図にスペクトルの差を見たものを示します. これは1 kHzのピークを同じ振幅として分析をおこなったもので，多少各周波数成分の数値的扱いを考慮したものです.

〈第6図〉
スイープ1秒と0.2秒での応答のちがいをスペクトルで比較するためピーク・レベルを揃えた